

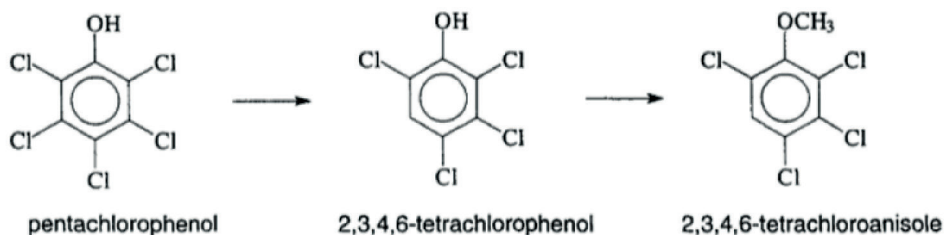
Kloorianisolit – *vanhan talon haju*

Vanhoissa puurakenteisissa taloissa saatetaan usein kokea vaikeasti määriteltävää, tunkkaista hajua. Tämä haju tuntuu tarttuvan vaatteisiin, hiuksiin ja huonekaluihin. Vaikeasti määriteltävän hajusta tekee myös se, että siihen tottuu nopeasti oleskeltuaan hetken tilassa. Kyseinen haju sekoitetaan usein homeen hajuun, mutta kyseessä saattaa kuitenkin olla yhdisteryhmä nimeltä kloorianisolit. Keskustelu kloorianisoleista on Suomessa yleistynyt viime vuosina. Vanhan talon hajua on yleisesti totuttu pitämään homeen hajuna, ja kloorianisolit hajun mahdollisena aiheuttajana on ollut tuntematon käsite. Keskustelun yleistyessä myös Suomessa laboratoriot ovat kehittäneet menetelmiä, ja muutamien laboratorioden analyysivalikoimasta löytyykin jo vastaus tähän analyysitarpeeseen.

Kloorianisolit ”löydettiin” 90-luvun loppupuolella. Kasvava määrä valituksia tunkkaisesta hajusta käynnisti tutkimuksia, joissa pyrittiin löytämään mikrobiologinen alkuperä hajulle. Hometta ei löydetty, mutta kaikkia kohteita yhdisti se, että ne oli rakennettu 1960–70-luvuilla. Tämän jälkeen tutkimuksen painopiste suunnattiin kemiallisten yhdisteiden suuntaan ja lopulta tunnistettiin yhdiste nimeltä 2,3,4,6-tetrakloorianisoli. Kloorianisolienn tiedettiin olevan kloorifenolien hajoamis-

tuotteita, ja koska kaikki ongelma-kohteet oli rakennettu ennen kloorifenolipohjaisten puunsuoja-aineiden kieltämistä yhteys kloorifenolien ja kloorianisolienn välillä kirkastui. Johtopäätöstä tuki myös se, että kloorianisoleja ei ole ikinä valmistettu teollisessa mittakaavassa eikä varsinkaan lisätty rakennusmateriaaleihin.

Kloorianisolit ovat siis mikrobien aineenvaihdunnan tuloksena syntyviä tuotteita. Niitä syntyy, kun mikrobit hajottavat puumateriaalin kyllästyksen käytettyjä kloo-



O-metylaatio, Gunschera et al., 2004.

rifenoleita. Kloorifenoleja sisältäviä puun-suoja-aineita on pääosin käytetty vuosina 1930–80 estämään puun lahoamista, sinistymistä ja homeen muodostumista. Yleisin kyllästysaine tunnetaan nimellä Ky-5, joka sisältää pääosin tetra- tri- ja pentakloorifenolien natriumsuoloja. Vastaava valmiste on tunnettu Ruotsissa nimellä KP-Cuprinol.

Kloorianisoliin muodostuessa mikrobin aineenvaihduntaprosessissa kloorifenolista irtoaa yksi tai useampi klooriatomi ja hydroksyyliinryhmään liittyy metyyliinryhmä ja näin syntyy vastaava kloorianisoli. Tätä prosessia kutsutaan O-metylaatioksi.

Kloorianisolit muodostavat ongelman myös elintarviketeollisuudessa. Erityisesti viiniteollisuudessa kloorianisolit aiheuttavat helposti ns. korkkivirheen viinin makuun. Kosteusvaurioindikaattorimikrobien (*Trichoderma* ja *Fusarium*) on havaittu pystyvän muuntamaan jopa yli 25 % korkkijauheen 2,4,6-trikloorifenolista 2,4,6-trikloorianisoliksi.

Koska erilaisia kloorifenoleja on olemassa 19 erilaista muotoa, myös kloorianisoleja on mahdollista syntyä 19 erilaista. Käytetyn puunsuoja-aineen koostumus siis määrittää syntyvien kloorianisoliin kirjon. Kloorianisoleja syntyy mikrobitoiminnan johdosta niin pieniä määriä, että niitä ei voi havai-

ta tavanomaisella VOC-analyysillä. Vaikka pitoisuudet ovat pieniä, ongelmaksi joidenkin kloorianisoliin kohdalla muodostuu joidenkin muotojen hyvin alhaiset hajukynnykset (taulukko 1). Esimerkiksi ihminen haistaa 2,4,6-trikloorianisoliin keskimäärin pitoisuustasolla 5 ng/m³. Vertailun vuoksi esimerkiksi formaldehydin hajukynnys, 35 µg/m³, on noin 7000 kertaa korkeampi.

Kloorianisoliin hajun ilmaantuminen voi kestää jopa kymmeniä vuosia. Prosessin nopeus riippuu ilmankosteudesta. On havaittu, että jos puu on hyvin kostea (kosteuspitoisuus > 15 %), hajua voi esiintyä jo vuoden päätä kloorifenolikäsittelystä. Vastaavasti jos kloorifenoleilla kyllästetty puu on hyvin kuivassa paikassa, hajuhaittoja saattaa ilmetä vasta jopa yli 30 vuoden kuluttua.

Kloorianisoliin hajukynnyksiä.

| | Hajukynnys µg/m ³ |
|----------------------------|---------------------------------|
| 2,6-dikloorianisoli | 0,6 |
| 2,4,6-trikloorianisoli | 0,005 |
| 2,3,6-trikloorianisoli | 0,03 |
| 2,3,4,6-tetrakloorianisoli | 0,01 |
| pentakloorianisoli | 2,2 |

Kloorianisoliin lähde on rakennuksen puurakenteissa

Rakennuksissa kloorifenoleilla kyllästettyjä puurakenteita voi olla mm. kattotuoleissa, runkorakenteissa, ikkunakarmeissa ja kutterilastueristeissä. Ruotsissa tehtyjen tutkimusten perusteella kloorianisoleja löytyi eniten lattiarakenteista, erityisesti seinien alajuoksuista. Myös puhelinpylväitä ja las-tauslavoja on saatettu käsitellä kloorifenoleita sisältävillä kyllästysaineilla.

Nykyisin kloorifenolipohjaisten puunsuoja-aineiden käyttö on kielletty Suomessa. Lisäksi vanhoja kyllästettyjä puumateriaaleja ei saa uusiokäyttää kotitalouksien rakenteissa tai missään sellaisessa rakenteessa, jossa ihokosketus on mahdollista. Myös rakennelmissa, joista kloorifenoliin on mahdollista huuhtoutua maaperään, käyttö on kielletty.

Terveysvaikutukset

Kloorianisoliin terveysvaikutuksista ei ole olemassa paljoa tutkimusta. Yleensä havaituissa pienissä pitoisuuksissa niistä ei arvela olevan toksikologista haittaa. Suurimpana haittana voidaan pitää hajua, jonka arvelaan vaikuttavan epämiellyttävänä ihmisen terveyteen psykologisten tekijöiden kautta. Koska kloorianisoliin haju mielletään homeen hajuksi, sillä on yhteys negatiivisiin terveysvaikutuksiin. Suurempana haittana voidaan nähdä sosiaalinen haitta. Henkilöt haisevat voimakkaasti ”homeelle”, mutta eivät itse haista sitä. Lisäksi voi koitua taloudellisia haittoja, koska kloorianisoleille haisevan asunnon myyminen voi osoittautua haasteelliseksi.

Tutkimusmenetelmiä

Kloorianisoliin tutkimusmenetelmiä on olemassa useita. Suurin osa näistä menetelmistä on kehitetty elintarviketeollisuudessa.

Erityisesti viiniteollisuudessa kloorianisolit ovat viinin yleisimmän laatuvirheen, ns. korkkivirheen takana. Viinipullon korkissa olevat kloorifenolit hajoavat kloorianisoleiksi ja aiheuttavat epämiellyttävän maun viiniin eli ns. korkkivirheen.

Asumisterveyteen liittyen kloorianisoleja on tutkittu sekä ilmanäytteistä että materiaalinäytteistä. Ilmanäytteitä on kerätty XAD®- ja TENAX TA®-adsorbenttiin, grafiitilla päällystettyyn silikaan ja TENAX GR®-adsorbenttiin. Analyysimenetelminä on käytetty GC/MS- tai GC/ECD-tekniikoita.

Käytännöllisimmäksi näytteenottomenetelmäksi sisäilmanäytteille on osoittautunut näytteenotto Tenax-TA-adsorbenttiin. Näytteenotto on helppo toteuttaa eikä siinä välttämättä tarvita laboratorioalan ammattilaista. Näytteenotto toteutetaan pienellä pumpulla hieman kynää pienempään näyteputkeen. Lisäksi ottamalla näyte Tenax-TA-adsorbenttiin vältetään laboratoriossa erilaisilta uuttovaiheilta, koska näyte voidaan



Ilmanäytteiden ottoon tarvittava välineistö.

analysoida suoraan näytteenottoputkesta.

Labroc Oy:ssä näytteenottoon käytetään Tenax-TA-adsorbenttia. Koska pitoisuudet ovat pieniä, näytteet analysoidaan CG/MS-laitteistolla. Näin menetelmän määrittysrajat eli alhaisimmat pitoisuudet, jotka menetelmällä pystytään luotettavasti havaitsemaan, ovat pienempiä kuin arvioidut hajukynnykset. Menetelmä mittaa ainoastaan näytteessä olevat kloorianisolit. Muita näytteessä olevia VOC-yhdisteitä menetelmällä ei pystytä havaitsemaan.

Raja-arvot

Kloorianisoleille ei ole olemassa virallisia raja-arvoja Suomessa.

Kloorianisoliin analyysin kohdalla korostuu rakennusteknisen tutkimuksen tarkeys. Vaikka kloorianisoliin syntyprosessi vaatii kosteutta ja mikrobeja, niiden löytyminen sisäilmasta ei välttämättä tarkoita kosteusvauriota rakenteissa ja merkittävää mikrobikasvua kyllästetyissä rakennusmateriaaleissa.

Toisaalta kloorianisoliin löytäminen tutkimuskohteen sisäilmasta ei myöskään poissulje mikrobi- tai kosteusvaurion mahdollisuutta. Mikäli rakennus on huolellisesti tutkittu ja mikrobi- ja kosteusvaurion olemassaolo on suljettu pois, voi tunkkaisen hajun lähdettä lähteä selvittämään kloorianisoliin analyysin kautta.

Kloorianisoleille ei ole olemassa virallisia raja-arvoja Suomessa, mutta mikäli rakennuksen ilmasta löydetään kloorianisoleja, voidaan yhteyttä kloorifenoleilla kyllästettyjen puurakenteiden olemassaoloon pitää suhteellisen varmana. Tässä vaiheessa kysymykseksi nousee usein toimenpiteet hajun poistamiseksi. Varmimpana tapana voidaan pitää kloorifenoleilla käsitellyn puun poistamista ja korvaamista toisella materiaalilla. Nykyisin markkinoilta löytyy myös erilaisia hajujen adsorptioon perustuvia suodatinsäitä ja höyrynsulkukankaita. Myös tilojen

painesuhteita muuttamalla voidaan hajuja todennäköisesti vähentää. Kloorianisoliin hajun tarttuvuuden takia on myös suositeltavaa hävittää kaikki kloorianisoleille altistuneet huonekalut sekä tekstiilit.

Lähteet

- Gunschera, J., Fuhrmann, F., Salthammer, T., Schulze, A., Uhde, E. (2004) Formation and Emission of Chloroanisoles as Indoor pollutants. *Environ Sci & Pollut Res Vol 11 (3)* s.147–151.
- Álvarez-Rodríguez, M. L., López-Ocaña, L., López-Coronado, J., M., Rodríguez, E., Martínez, M. J., Larriba, G. ja Coque J-J., R. (2002) Cork Taint of Wines: Role of the Filamentous Fungi Isolated from Cork in the Formation of 2,4,6-Trichloroanisole by O Metylation of 2,4,6-Trichlorophenol. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol 68 (12), s. 5860–5869.
- Asumisterveysasetuksen soveltamisohje, osa III, 8/2016, Valvira.
- Strube, A. ja Buettner, A. (2010) Influence of chemical structure on odour qualities and odour potencies in chloro-organic substances. *Expression of Multidisciplinary Flavour Science – Proceedings of the 12th Weurman Symposium*, s. 486–489.
- Loretzen, J.C., Juran, S. A., Nilsson, M., Nordin, S. ja Johanson G (2015) Chloroanisoles may explain mold odor and represent a major indoor environment problem in Sweden. *Indoor Air Vol. 26*, s 207–218.
- Führer, U., Deißler, A., Schreitmüller, J. ja Ballschmiter, K. (1997) Analysis of Halogenated Methoxybenzenes and Hexachlorobenzene (HCB) in the Picogram m-3 Range in Marine Air. *Chromatographia Vol. 45*, s. 414–427
- Camino-Sánchez, F.J., Ruiz-García, J. ja Zafra-Gómez, A. (2013) Development of a thermal desorption gas chromatography–mass spectrometry method for quantitative determination of haloanisoles and halophenols in wineries’ ambient air. *J. Chrom A. Vol. 1305*, s. 259–266. ■